

Beschreibung

Verfahren zur Darstellung eines in einem Volumendatensatz abgebildeten Objektes

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Darstellung eines in einem Volumendatensatz abgebildeten Objektes.

Insbesondere mit modernen bildgebenden medizintechnischen Geräten aufgenommene Bilder weisen eine relativ hohe Auflösung auf, so dass mit ihnen verstärkt 3D-Aufnahmen (Volumendatensätze) erstellt werden. Bildgebende medizintechnische Geräte sind z.B. Ultraschall-, Computertomographie-, Magnetresonanz- oder Röntgengeräte oder PET-Scanner. Ferner können öfter Computertomographie- (CT) oder Röntgengeräte eingesetzt werden, da sich eine Strahlenbelastung, die ein Lebewesen während einer Untersuchung mit einem dieser Geräte ausgesetzt ist, verringert hat. Volumendatensätze weisen jedoch eine größere Datenmenge auf als Bilddatensätze von herkömmlichen zweidimensionalen Bildern, weshalb eine Auswertung von Volumendatensätzen relativ zeitaufwändig ist. Die eigentliche Aufnahme der Volumendatensätze dauert zur Zeit in etwa eine halbe Minute, wogegen man für das Durchforsten und Aufbereiten des Volumendatensatzes oft eine halbe Stunde oder mehr benötigt. Daher sind automatische Erkennungs- und Aufbereitungsverfahren notwendig und willkommen.

Bis etwa zum Jahr 2000 war es in der Computertomographie (CT) fast nur üblich, eine Diagnose anhand axialer Schichtstapel (Schnitbilder) zu treffen oder sich zumindest für einen Befund vorwiegend an den Schnitbildern zu orientieren. Seit etwa 1995 sind dank der Rechenleistung von Computern 3D-Darstellungen auf Befundungskonsolen verbreitet; sie hatten aber zuerst eher wissenschaftliche oder ergänzende Bedeutung. Um dem Arzt eine Diagnose zu erleichtern, sind ferner im Wesentlichen vier Grundverfahren der 3D-Visualisierung entwickelt worden:

1. Multiplanare Reformatierung (MPR): Dies ist nichts anderes als eine Neuzusammenstellung des Volumendatensatzes in anderer Orientierung als z.B. den ursprünglichen horizontalen Schichten. Es wird insbesondere zwischen der orthogonalen MPR (3 MPRs, jeweils senkrecht zu einer der ursprünglichen Koordinatenachsen), der freien MPR (schräge Schichten; abgeleitet = interpoliert) und der Curved MPR (Schichterstellung parallel zu einem beliebigen Pfad durch das Abbild des Körpers des Lebewesens und z.B. senkrecht zu der MPR, in welcher der Pfad gezeichnet wurde) unterschieden.
2. Shaded Surface Display (SSD): Segmentierung des Volumendatensatzes und Darstellung der Oberfläche der herausgeschnittenen Objekte, meist stark geprägt durch Orientierung an den Grauwerten der Abbildung (z.B. CT-Werten) und manuelles Hilfs-Editing.
3. Maximal Intensity Projection (MIP): Darstellung der höchsten Intensität entlang jedes Sehstrahls. Bei der so genannten Thin MIP wird nur ein Teilvolumen dargestellt.
4. Volume Rendering (VR): Darunter wird eine Modellierung anhand von Sehstrahlen, die vergleichbar mit Röntgenstrahlen in das Objekt eindringen oder aus dem Objekt austreten, verstanden. Dadurch wird die gesamte Tiefe des abgebildeten Körpers (teilweise durchscheinend) erfasst; es gehen jedoch Einzelheiten von kleinen und vor Allem dünnenschichtig dargestellten Objekten verloren. Die Darstellung wird manuell durch Einstellung so genannter Transferfunktionen (Farb-Lookup-Tabellen) geprägt. Beleuchtungseffekte können hinzugemischt werden, indem weitere Speicherebenen verwendet werden, in denen Gradientenbeitrag und Richtung für die Beleuchtung abgespeichert und bei der Darstellung eingerechnet werden.

Ein Nachteil der bekannten Verfahren ist jedoch die unzureichende Darstellung relativ feiner Strukturen, insbesondere

wenn ein relativ großer Volumendatensatz vorliegt. Ein weiterer Nachteil der bekannten Verfahren ist, dass jeweils nur der gesamte 3D-Block in festem Zusammenhang dargestellt wird.

- 5 5 Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren anzugeben, mit dem auch relativ feine, insbesondere in einem relativ großen Volumendatensatz abgebildete Strukturen verbessert dargestellt werden.
- 10 10 Die Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Darstellung eines in einem ersten Volumendatensatz abgebildeten Objektes, aufweisend folgende Verfahrensschritte:
 - Herstellen eines zweiten Volumendatensatzes, indem die Volumenelemente des ersten Volumendatensatzes parallel zu der in den ersten Volumendatensatz hineinlaufenden Hauptbe- trachtungsrichtung tiefenabhängig moduliert und/oder co- diert werden, und
- 20 20 - Anwenden des Volume Renderings auf den zweiten Volumenda- tensatz.

Ziel und Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, ohne spezielle Segmentierung des im ersten Volumendatensatz abgebildeten Objektes durch eine Weiterentwicklung des Volume Renderings eine kontinuierliche 3D-Darstellung durch die ganze Tiefe des abgebildeten Objektes zu erreichen. Der erste Volumendatensatz wird z.B. mit einem Computertomographen oder einem Magnetresonanzgerät, allgemein mit einem bildgebenden Gerät, das zur Herstellung eines Volumendatensatzes geeignet ist, hergestellt.

Zusätzlich wird erfindungsgemäß durch eine Tiefenschattierung gleichzeitig ein räumlicher und plastischer Eindruck des abgebildeten Objektes erzielt. Dazu wird erfindungsgemäß der zweite Volumendatensatz aus dem ersten Volumendatensatz hergestellt, indem vorzugsweise alle Volumenelemente (bei CT

z.B. in Hounsfield-Einheiten) des ersten Volumendatensatzes in Richtung der Hauptbetrachtungsrichtung tiefenabhängig moduliert bzw. codiert und abgespeichert werden und auf den zweiten Volumendatensatz das bekannte Volume Rendering ange-
5 wendet wird. Das Volume Rendering ist beispielsweise in Foley et al., "Computer Graphics: Principle and Practice, 2. Auflage, Addison-Wesley, 1990, Seiten 1034 bis 1039 beschrieben. So wird z.B. in Zusammenwirkung mit dem so genannten Alpha-Blending einerseits im Sinne einer Tiefenschattierung der
10 plastische 3D-Eindruck verbessert.

Der Alpha-Wert bestimmt die Transparenz bzw. Opazität der dargestellten Objekte und wird für jeden möglichen Wert der Volumendaten definiert. Andererseits ergibt sich eine kontinuierliche Auswahlmöglichkeit für den jeweils dargestellten Tiefenbereich. Dies ist nicht trivial, da z.B. in der Computertomographie ein breites Spektrum von Messwerten vorliegt. Es handelt sich bei dem abgebildeten Objekt beispielsweise um einen Körper eines Lebewesens. Eine bestimmte Dichte von
15 Kontrastmittel oder Knochen (Wirbelsäule) weiter hinten im abgebildeten Körper des Lebewesens mit stark opaque eingesetztem Alpha leuchtet bezüglich einer Blickrichtung (Sehstrahl) eines Betrachters immer noch nach vorne durch, wenn davor liegende Objekte sich entlang des Sehstrahls nur begrenzt ausdehnen und ein wenig opaque (= transparent) eingesetztes Alpha aufweisen. Dieser Widerspruch lässt sich mit herkömmlichem Volumenrendern nicht auflösen. In einer Verdeckungslinie (entlang des Sehstrahls) kann eigentlich immer nur ein Objekt völlig klar dargestellt werden, und ein Um-
20 schalten auf die Darstellung anderer Objekte bedeutet Aufwand
25 und starke Veränderung des Bildeindrucks.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet nun die Möglichkeit, durch Tiefenauswahl insbesondere in Echtzeit alle Teilobjekte (Organe) ohne Änderung des Gesamteindrucks mit vollem Kontrast und Tiefenschattierung darzustellen. Es wird dem Volumendatensatz sozusagen ein weiteres Alpha in der Hauptbe-

trachtungsrichtung aufgeprägt mit anderer Trägheit als dem exponentiellen Abklingen des Alpha-Blendung und abgestimmt auf die Erhaltung der Dichtemodulation im ersten Volumendatensatz (bei CT z.B. in Hounsfield-Einheiten). Dies wird so angesetzt, dass sich lokal an den abgebildeten Teilobjekten eine Tiefenschattierung, also eine Schattenbildung an den Rändern von vorne nach hinten ergibt, wodurch alle Teilobjekte plastisch erscheinen.

10 Beispielsweise mit einem Schieberegler kann kontinuierlich eingestellt werden, welcher Tiefenbereich dargestellt werden soll, wobei der Schieberegler auf einen Teilbereich der Transferfunktion wirkt, der auf der Werteskala des modulierten bzw. codierten Volumendatensatzes verschoben wird. Dabei 15 ist neu, dass die Aktualisierung der Darstellung insbesondere in Echtzeit erfolgen kann, weil die Volumendaten schon vorab in der geeigneten Modulation bzw. Codierung z.B. in einem Displayspeicher, z.B. einer handelsüblichen Grafikkarte, abgelegt sind. Vergleichbar ist diese Einstellung auch mit der 20 Einstellung der Tiefenschärfe bei der Photographie. Gegenüber der photographischen Tiefenschärfe besteht hier jedoch die Möglichkeit, den vorderen und hinteren Rand z.B. mit einer rechteckigen Transferfunktion wesentlich präziser zu definieren, was vor allem zum Betrachter hin wichtig ist, um Sicht- 25 hindernisse vollständig wegzublenden.

Mit der codierten bzw. modulierten Ablage des Volumens in Form des zweiten Volumendatensatzes im Speicher einher geht die entsprechende Gestaltung der Transferfunktion, im ein- 30 fachsten Fall beispielsweise als in Bezug auf den Betrachter nach hinten abfallende Rampenfunktion, wenn eine Tiefenschattierung von vorne nach hinten gewünscht ist oder, wie es nach einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen ist, in Form eines modifizierten Rechtecks oder Balkens, dessen abgeschrägte Oberkante nach hinten abfällt. Die Transferfunktion 35 wird nach einer Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Lookup-Tabelle abgelegt.

Statt eines Schiebereglers, einer Maus- oder sonstigen Steuerung kann die Tiefeneinstellung auch mittels eines Navigationssystems durchgeführt werden, wie es nach einer weiteren

5 Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen ist. In diesem Falle werden sowohl der Viewpoint und die Perspektive wie beim gewöhnlichen Volume-Rendering als auch die Auswahl der aktuell darzustellenden Volumendaten in Echtzeit vom Navigationssystem eingestellt. Dies ermöglicht ein "Fly-

10 Through" durch alle Volumendaten eines an sich geschlossenen abgebildeten Objekts. Bisher bekannte Verfahren erlauben dies nur durch Selektion in den Daten (MIP- nur Maximalwerte, aber über das gesamte Volumen), durch Wahl eines speziellen Pfades durch Hohlräume verbunden mit Vorsegmentierung (eigentliches

15 Fly-Through) oder durch aufwändige Vorberechnungen (Segmentierung, Kolorierung, eigentlich wieder eine Datenauswahl).

Eine weitere Verbesserung der Darstellung des abgebildeten Objektes vor allem in der Geschwindigkeit der Darstellung

20 wird gemäß Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens erreicht, wenn zusätzlich ein so genanntes "texture mapping" insbesondere nach dem Shear-Warp Verfahren durchgeführt wird, die Volumenelemente des ersten und/oder zweiten Volumendatensatzes interpoliert werden, der erste und/oder zweite Volumendatensatz gefiltert werden und/oder das Ergebnis der Filterung des ersten und/oder das Ergebnis der Filterung des zweiten Volumendatensatzes zwischengespeichert werden.

Ein Ausführungsbeispiel ist exemplarisch in den beigefügten

30 schematischen Zeichnungen dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 einen Computertomographen,

Figur 2 einen mit dem Computertomographen aufgenommenen ersten Volumendatensatz mit einem virtuellen Sehstrahl,

Figur 3 ein aus dem in der Figur 2 dargestellten Volumendatensatz hergestellter weiterer Volumendatensatz,

Figur 4 eine grafische Darstellung einer Transferfunktion und

5

Figur 5 eine mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellte Darstellung.

Die Figur 1 zeigt schematisch einen Computertomographen mit
10 einer Röntgenstrahlenquelle 1, von dem ein pyramidenförmiges
Röntgenstrahlenbündel 2, dessen Randstrahlen in der Figur 1
strichpunktiert dargestellt sind, ausgeht, das ein Untersu-
chungsobjekt, beispielsweise einen Patienten 3, durchsetzt
und auf einen Strahlungsdetektor 4 trifft. Die Röntgenstrah-
15 lenquelle 1 und der Strahlungsdetektor 4 sind im Falle des
vorliegenden Ausführungsbeispiels an einer ringförmigen
Gantry 5 einander gegenüberliegend angeordnet. Die Gantry 5
ist bezüglich einer Systemachse 6, welche durch den Mittel-
punkt der ringförmigen Gantry 5 verläuft, an einer in der Fi-
20 gur 1 nicht dargestellten Halterungsvorrichtung drehbar ge-
lagert (vgl. Pfeil a).

Der Patient 3 liegt im Falle des vorliegenden Ausführungsbei-
spieles auf einem für Röntgenstrahlung transparenten Tisch 7,
25 welcher mittels einer in der Figur 1 ebenfalls nicht darge-
stellten Tragevorrichtung längs der Systemachse 6 verschieb-
bar gelagert ist (vgl. Pfeil b).

Die Röntgenstrahlenquelle 1 und der Strahlungsdetektor 4 bil-
30 den somit ein Messsystem, das bezüglich der Systemachse 6
drehbar und entlang der Systemachse 6 relativ zum Patienten 3
verschiebbar ist, so dass der Patient 3 unter verschiedenen
Projektionswinkeln und verschiedenen Positionen bezüglich der
Systemachse 6 durchstrahlt werden kann. Aus den dabei auftre-
35 tenden Ausgangssignalen des Strahlungsdetektors 4 bildet ein
Datenerfassungssystem 9 Messwerte, die einem Rechner 11 zuge-
führt werden, der mittels dem Fachmann bekannten Verfahren

ein Bild des Patienten 3 berechnet, das wiederum auf einem mit dem Rechner 11 verbundenen Monitor 12 wiedergegeben werden kann. Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist das Datenerfassungssystem 9 mit einer elektrischen Leitung 8, 5 die in nicht dargestellter Weise beispielsweise ein Schleifringsystem oder eine drahtlose Übertragungsstrecke enthält, mit dem Strahlungsdetektor 4 und mit einer elektrischen Leitung 10 mit dem Rechner 11 verbunden.

10 Der in der Figur 1 gezeigte Computertomograph kann sowohl zur Sequenzabtastung als auch zur Spiralabtastung eingesetzt werden.

Bei der Sequenzabtastung erfolgt eine schichtweise Abtastung 15 des Patienten 3. Dabei wird die Röntgenstrahlenquelle 1 und der Strahlungsdetektor 4 bezüglich der Systemachse 6 um den Patienten 3 gedreht und das die Röntgenstrahlenquelle 1 und den Strahlungsdetektor 4 umfassende Messsystem nimmt eine Vielzahl von Projektionen auf, um eine zweidimensionale 20 Schicht des Patienten 3 abzutasten. Aus den dabei gewonnenen Messwerten wird ein die abgetastete Schicht darstellendes Schnittbild rekonstruiert. Zwischen der Abtastung aufeinanderfolgender Schichten wird der Patient 3 jeweils entlang der Systemachse 6 bewegt. Dieser Vorgang wiederholt sich so lange, 25 bis alle interessierenden Schichten erfasst sind.

Während der Spiralabtastung dreht sich das die Röntgenstrahlenquelle 1 und den Strahlungsdetektor 4 umfassende Messsystem bezüglich der Systemachse 6 und der Tisch 7 bewegt sich 30 kontinuierlich in Richtung des Pfeils b, d.h. das die Röntgenstrahlenquelle 1 und den Strahlungsdetektor 4 umfassende Messsystem bewegt sich relativ zum Patienten 3 kontinuierlich auf einer Spiralbahn c, so lange, bis der interessierende Bereich des Patienten 3 vollständig erfasst ist. Dabei wird ein 35 Volumendatensatz generiert, der im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels nach dem in der Medizintechnik üblichen DICOM-Standard codiert ist.

Im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels wird mit dem in der Figur 1 dargestellten Computertomographen ein aus mehreren aufeinanderfolgenden Schnittbildern bestehender Volumendatensatz des Bauchraums des Patienten 3 mit ca. 500 CT-Schichten (Schnittbilder) der Matrix 512x512 erstellt.

Der Volumendatensatz wird z.B. für die Anwendung in der minimal invasiven Chirurgie / Laparoskopie als zum Tisch 7 parallele Schichten interpretiert. Damit ist die Schichtorientierung (koronar) etwa rechtwinklig zur Blickrichtung eines in der Figur 1 nicht dargestellten Arztes, der in der Regel etwa senkrecht auf die Bauchdecke des Patienten 3 schaut. Diese Schichten werden im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels als Texturen oder interpolierte Multitexturen interpretiert und nach dem Shear-Warp-Verfahren zu einer 3D-Darstellung verrechnet (bekannte Ausprägung des Volume Renderrings). Der daraus entstehende Volumendatensatz 20 ist in der Figur 2 schematisch dargestellt. Ein in etwa von der Blickrichtung des Arztes ausgehender und in den Volumendatensatz 20 hineinlaufender virtueller Sehstrahl 21 ist in der Figur 2 strichliert gezeigt. Diejenige Koordinatenachse des ursprünglichen Volumendatensatzes, welche in der bevorzugten Betrachtungsrichtung des Bedieners den kleinsten Winkel zum Sehstrahl 21 hat, also am ehesten parallel zum Sehstrahl 21 in Vorzugsrichtung verläuft, wird als Hauptbetrachtungsrichtung 22 bezeichnet. Das beschriebene Verfahren funktioniert mit dieser einen Vorzugsrichtung für große Datensätze wie in diesem Beispiel relativ gut auch für Auslenkungen der Blickrichtung bis ca. +- 80° seitlich oder nach oben/unten. Für eine verbesserte Darstellung schaltet man bei +- 45° z.B. auf Schichten um, die zur ersten Orientierung senkrecht stehen (axial oder sagittal). Grundsätzlich werden die 3D-Daten im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels für den Farb-Lookup-Modus einschließlich Schwarz-Weiß-Darstellung abgespeichert. Das bedeutet für relativ großen Datensätze einerseits minimalen Speicherbedarf (z.B. 8 Bit in 3D, nur für den

Display z.B. 32 Bit), andererseits die Möglichkeit, dass die Darstellung durch Modifikation der Lookup-Tabelle in Echtzeit verändert bzw. angepasst werden kann.

5 Erfindungsgemäß ist nun eine Verbindung der Darstellungs-Steuerung über eine Lookup-Tabelle mit Schattierung und Tie-
10 fen-Information vorgesehen. Dazu wird im Falle des vorliegen-
15 den Ausführungsbeispiels ein weiterer, in der Figur 3 darge-
stellter Volumendatensatz 30 hergestellt, indem die Volumen-
elemente 23 des Volumendatensatzes 20 voxelweise mit einem
Tiefenwert entlang der kantenparallelen Hauptbetrachtungs-
richtung sowie möglicherweise weiteren Filterantworten modu-
liert und durch diese einmalige Vorverarbeitung codiert im
Arbeitsspeicher der Grafikkarte 13 des Rechners 11 abgespei-
chert werden.

Die Modulierung der einzelnen Volumenelemente 23 des Volumen-
datensatzes 20 geschieht im Falle des vorliegenden Ausfüh-
10 rungsbeispiels entlang der Hauptbetrachtungsrichtung 22, und
zwar derart, dass die Grauwerte (bei CT z.B. Hounsfield-
15 Einheiten) der Volumenelemente 23 des Volumendatensatzes 20,
die weiter vom Blickpunkt eines Betrachters entlang Hauptbe-
trachtungsrichtung 22 entfernt sind, mit einem geringeren
25 Faktor verrechnet werden als die Grauwerte der Volumenelemen-
te 23, die sich näher am Betrachter befinden.

Der weitere Volumendatensatz 30 wird anschließend bei der
Darstellung in Echtzeit mit einem gegenüber dem sonstigen Vo-
lume Rendering möglicherweise modifizierten Alpha-Wert ver-
30 rechnet und unter Mitwirkung einer Lookup-Tabelle (Transfer
Funktion) dargestellt.

Die Transferfunktion hat im Falle des vorliegenden Ausfüh-
10 rungsbeispiels die Form eines abgeschrägten Balkens 40, wie
35 dies in der Figur 4 schematisch gezeigt ist. Die Codierung im
Volumendatensatz 30 und der Ansatz der Transferfunktion er-
folgt derart, dass der Verschiebebereich des abgeschrägten

Balkens 40 der Tiefe des Volumendatensatzes 30 entspricht und damit der gesamte, bei 8 Bit z.B. 256 Elemente große Farb- bzw. Grauwertbereich der Volumenelemente des Datensatzes 30 abgebildet werden kann. Die Tiefe des weiteren Volumendatensatzes 30 ist mit einer Achse 31 dargestellt.

In der Echtzeit-Generierung der 3D-Ansicht wird jede der codierten Schichten (Texturen) des weiteren Volumendatensatzes 30 derart verzerrt, wie es der aktuellen perspektivischen Ansicht mit zentralem Sehstrahl 21 entspricht und dann letztlich nach Multiplikation mit dem genannten Blending-Alpha in einer Akkumulator-Textur aufaddiert. Dabei wird im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels auch eine Echtzeit-Interpolation in der Graphikkarte 13 verwendet.

Der Akkumulator-Speicher, z.B. eine Display-Puffer, in der Grafikkarte 13 enthält mit der gesamten Codierung und Verrechnung ein schattiertes, ggf. kantenbetontes 3D-Bild, bei dem ein oder mehrere Tiefenbereiche des ursprünglichen, in der Figur 2 gezeigten Volumendatensatzes 20 dargestellt sind. Der Abgriff der gewünschten Tiefe erfolgt durch die entsprechende Einstellung der Lookup-Tabelle. Eine verfeinerte, auch nichtlineare Codierung kann vorgenommen werden, um z.B. nicht interessierende Strukturen wie z.B. in manchen Fällen Knochen (Rippen) noch deutlicher zu trennen oder wegzublenden. Eine solche Spezialcodierung sollte an den Gegebenheiten der Skala der Messwerte, im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels der Hounsfield-Einheiten der einzelnen Volumenelemente des Volumendatensatzes 20 orientiert werden.

Die Werte der Lookup Tabelle (Transferfunktion) sehen beispielsweise so aus: Das abgeschrägte Rechteck erstreckt sich im Tiefenbereich von ca. 136 mm bis 120 mm entsprechend Positionen 136 bis 120 für die Lookup-Funktion. Bei reiner Grauwertcodierung steht in Position 136 der Display-Farbwert „255, 255, 255“, abfallend bis z.B. auf Wert „50, 50, 50“ in Position 120. Dies verstärkt die Tiefencodierung in Volumen-

datensatz 30, indem z.B. bei seitlicher Draufsicht auf eine Objektoberfläche weiter hinten liegende Oberflächenvolumenelemente in der Alpha-Aufintegration durchschnittlich dunkler gerendert werden als weiter vorne liegende Volumenelemente, 5 und daraus ergibt sich der plastische bzw. der verstärkte räumliche Effekt.

Die gesamten Verrechnungen werden beispielsweise durch einen Schieberegler oder eine Mausbewegung angestoßen oder erfolgen 10 kontinuierlich durch Updates der Positions- und Orientierungskoordinaten von einem in der Figur 1 nicht näher dargestellten, aber dem Fachmann allgemein bekannten Navigationsystem, so dass z.B. mit zur Zeit erhältlichen Standard-Grafikkarten ca. 15 Renderings pro Sekunde erreicht 15 werden.

Ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Darstellung ist in der Figur 5 in Form eines Bildes 50 exemplarisch gezeigt.

20 Der Volumendatensatz 20 wird im Falle des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit einem Computertomographen hergestellt und liegt in Form mehrerer aufeinanderfolgender computertomographischer Schnittbilder vor. Der Volumendatensatz 20 kann 25 aber auch mit anderen bildgebenden Geräten, wie insbesondere mit einem Magnetresonanzgerät, einem Röntgengerät, einem Ultraschallgerät oder einem PET-Scanner hergestellt werden. Der Volumendatensatz 20 muss auch nicht in Form mehrerer aufeinanderfolgender computertomographischer Schnittbilder vorliegen.

30 Das erfindungsgemäße Verfahren kann auch für abgebildete technische Objekte verwendete werden.

35 Das Ausführungsbeispiel hat ebenfalls nur exemplarischen Charakter.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Darstellung eines in einem ersten Volumendatensatz (20) abgebildeten Objektes (3), aufweisend folgende

5 Verfahrensschritte:

- Herstellen eines zweiten Volumendatensatzes (30), indem die Volumenelemente (23) des ersten Volumendatensatzes (20) parallel zu einer in den ersten Volumendatensatz (20) hinein-

10 verlaufenden Hauptbetrachtungsrichtung (22) tiefenabhängig moduliert und/oder codiert werden, und

- Anwenden des Volume Renderings auf den zweiten Volumendatensatz.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem zur Ansteuerung der tiefenabhängigen 3D-Darstellung eine Transferfunktion verwendet wird.

20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Transferfunktion für das Volume Rendering die Form eines abgeschrägten Balkens (40) hat.

25 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Transferfunktion in einer Lookup-Tabelle abgelegt ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das Volumen Rendering mit einem Navigationssystem gesteuert wird.

30 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem das Volumen Rendering mit einem Computer-Eingabegerät manuell gesteuert wird.

35 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem zusätzlich ein so genanntes "texture mapping" insbesondere nach dem Shear-Warp Verfahren und möglicherweise mit so genannten Multitexturen durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das "texture mapping" mittels der Hardware einer Grafikkarte 13 durchgeführt wird.

5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem Volumenelemente (23) des ersten und/oder zweiten Volumendatensatzes (20, 30) interpoliert werden.

10 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem der erste und/oder zweite Volumendatensatz (20, 30) gefiltert werden.

15 11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem das Ergebnis der Filterung des ersten und/oder das Ergebnis der Filterung des zweiten Volumendatensatzes (20, 30) zwischengespeichert werden.

20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, bei dem vorab segmentierte Teilobjekte mit einem Farbwert abgespeichert werden, der einem speziellen reservierten Bereich der Lookup Tabelle entspricht, so dass sie mit einer eigenen Colorierung aus ihrer Umgebung aus anderen Objekten des beschriebenen Volumen-Renders herausleuchten und dadurch mit dem Navigationssystem gezielt angesteuert werden können.

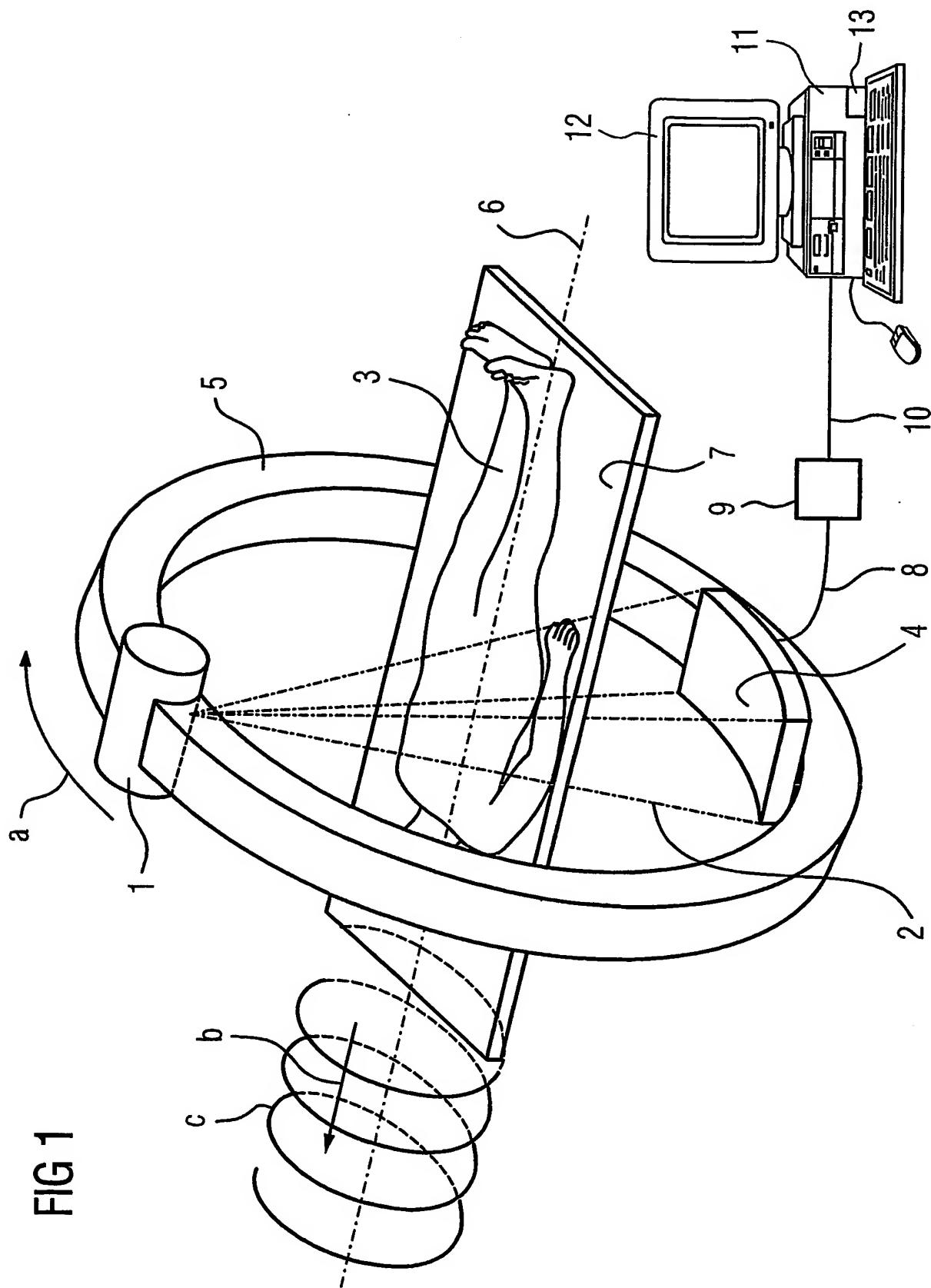


FIG 1

FIG 2

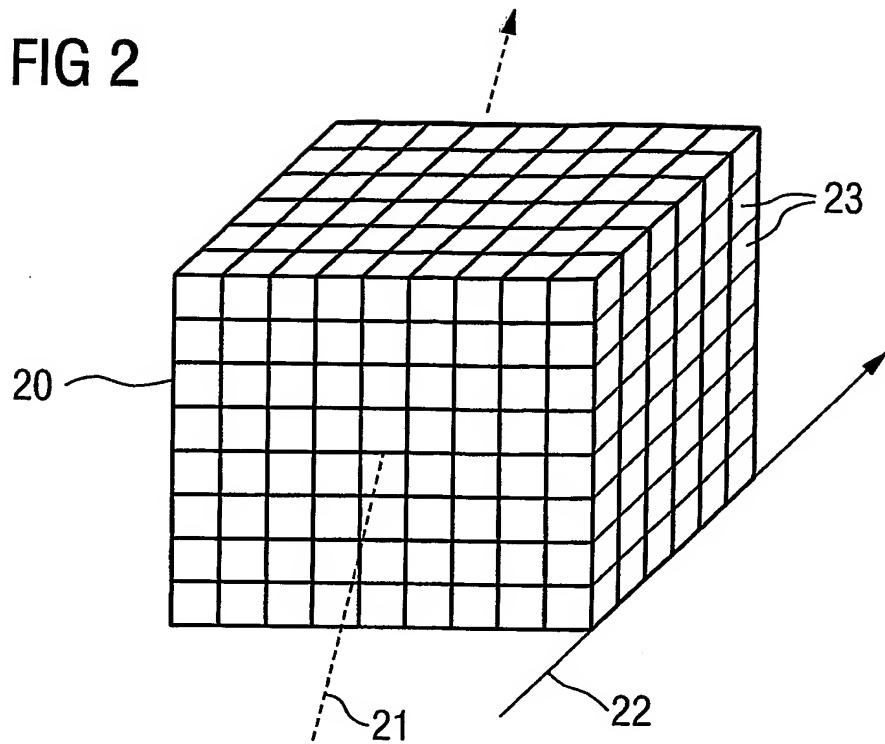


FIG 3

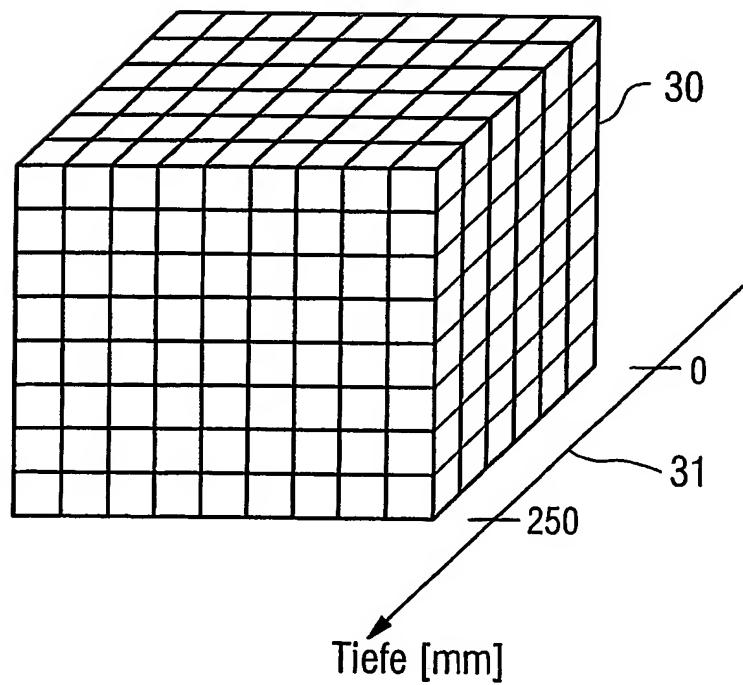


FIG 4

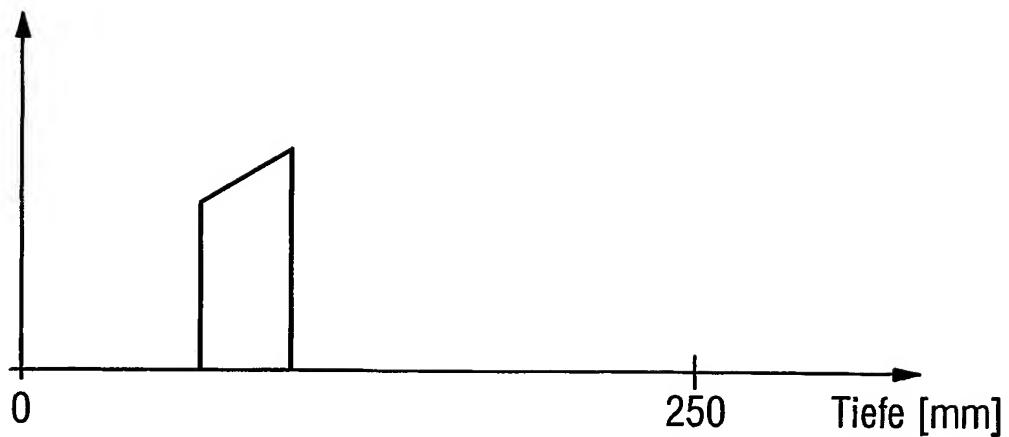


FIG 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 03/11552A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G06T15/20 G06T15/60 G06T15/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 001 379 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 17 May 2000 (2000-05-17) abstract; claims 1,4,6; figures 6,7 paragraphs '0003!, '0011!, '0012!, '0033!-'0037! ---	1-3
Y	EP 1 054 349 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22 November 2000 (2000-11-22) abstract; claims 1-5,7,8; figure 7	4
A	EP 1 056 049 A (UNITED BRISTOL HEALTHCARE NHS) 29 November 2000 (2000-11-29) abstract; claims 1,4,7; figure 6A column 3, line 5-16 paragraphs '0035!, '0038! ---	1-3,5-12
Y	EP 1 056 049 A (UNITED BRISTOL HEALTHCARE NHS) 29 November 2000 (2000-11-29) abstract; claims 1,4,7; figure 6A column 3, line 5-16 paragraphs '0035!, '0038!	5,6
A	---	1-4,7-12
	---	---

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the International filing date
- *L* document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed Invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

Date of mailing of the International search report

16 February 2004

25/02/2004

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Casteller, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/11552

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No..
A	<p>WO 02 50779 A (SCHLUMBERGER HOLDINGS; SCHLUMBERGER CA LTD ; SCHLUMBERGER SERVICES) 27 June 2002 (2002-06-27) abstract; claims 1,2; figure 10 page 4, line 7-20 page 6, line 3-22</p> <p>-----</p>	1-12
A	<p>EBERT D ET AL: "Volume illustration: non-photorealistic rendering of volume models" PROCEEDINGS VISUALIZATION 2000. VIS 2000. SALT LAKE CITY, UT, OCT. 8 - 13, 2000, ANNUAL IEEE CONFERENCE ON VISUALIZATION, LOS ALAMITOS, CA: IEEE COMP. SOC, US, 8 October 2000 (2000-10-08), pages 195-201, XP010524603 ISBN: 0-7803-6478-3 abstract paragraphs '0005!, '!, '05.1!</p> <p>-----</p>	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/11552

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 1001379	A	17-05-2000	US EP JP	6211884 B1 1001379 A2 2000149064 A		03-04-2001 17-05-2000 30-05-2000
EP 1054349	A	22-11-2000	US EP JP	6369816 B1 1054349 A2 2001005995 A		09-04-2002 22-11-2000 12-01-2001
EP 1056049	A	29-11-2000	EP	1056049 A2		29-11-2000
WO 0250779	A	27-06-2002	AU CA GB NO WO US	3662802 A 2432090 A1 2386811 A 20023903 A 0250779 A1 2002109684 A1		01-07-2002 27-06-2002 24-09-2003 18-10-2002 27-06-2002 15-08-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 03/11552

A. KLASSEFIZIERTUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G06T15/20 G06T15/60 G06T15/50

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G06T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 001 379 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 17. Mai 2000 (2000-05-17) Zusammenfassung; Ansprüche 1,4,6; Abbildungen 6,7 Absätze '0003!, '0011!, '0012!, '0033!-'0037!	1-3
Y	EP 1 054 349 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22. November 2000 (2000-11-22) Zusammenfassung; Ansprüche 1-5,7,8; Abbildung 7	4-6
A	---	4
	---	1-3,5-12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Internationalen Anmeldeatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldeatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem Internationalen Anmeldeatum oder dem Prioritätsatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
16. Februar 2004	25/02/2004
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Casteller, M

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/EP 03/11552

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1001379	A	17-05-2000	US	6211884 B1		03-04-2001
			EP	1001379 A2		17-05-2000
			JP	2000149064 A		30-05-2000
EP 1054349	A	22-11-2000	US	6369816 B1		09-04-2002
			EP	1054349 A2		22-11-2000
			JP	2001005995 A		12-01-2001
EP 1056049	A	29-11-2000	EP	1056049 A2		29-11-2000
WO 0250779	A	27-06-2002	AU	3662802 A		01-07-2002
			CA	2432090 A1		27-06-2002
			GB	2386811 A		24-09-2003
			NO	20023903 A		18-10-2002
			WO	0250779 A1		27-06-2002
			US	2002109684 A1		15-08-2002